

Tartu Ülikool
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond
Tehnoloogiainsituut

Sander Orav
MATRIX, TETRIX ja VEX robotikaplatvormid
Bakalaureusetöö (12 EAP)
Arvutitehnika eriala

Juhendajad: Alo Peets
Anne Villems
Taavi Duvin

Tartu 2016

RESÜMEE

Selle lõputöö tulemusena valmis kolme robotika platvormi võrdlus. Töös võrreldakse Matrix, TETRIX ja VEX robotikaplatvorme.

Teoreetilises osas võrreldakse platvormide elektroonikat, komplekte ning nende programmeerimisvõimalusi. Tuuakse välja tootja poolt antud lubadused ja komplektide omadused. Võrdlus annab esmase ülevaate vaadeltavatest komplektidest ning aitab valida iga platvormi hulgast komplekti, mis on sobiv hinna ja sisu poolest roboti ehitamiseks tuginedes ainult teoreetilistele lubadustele.

Töö praktilises osas konstrueeritakse välja valitud komplektidest kolm robotit, mida on võimalik omavahel ka praktikas võrrelda. Iga robot esindab üht platvormi. Töö praktilise osa tegemise käigus tuuakse välja tekkinud probleemid, millega tuleks edaspidi arvestada ootamatute olukordade vältimiseks.

Pärast praktilise osa läbitegemist on võimalik analüüsida teooria ja praktika paikapidavust. Anda hinnang platvormide kvaliteedile, keerukusele ja võimalustele. Tehtud analüüsi põhjal on võimalik määrata platvormide sobivust kasutamiseks koolirobootikas erinevates kooliastmetes.

CERCS: T125 Automatiseerimine, robotika

Marksõnad: robotika

ABSTRACT

This document titled as “MATRIX, TETRIX and VEX robotics platforms” compares three different robotics platforms, which are designed to be used in schools and various robotics competitions. Robotics is used to promote science, technology, engineering, and mathematics (STEM) teaching in classrooms. The platforms, which are being compared include: Matrix, TETRIX and VEX.

Firstly, a theoretical comparison is made, which compares the three platforms based on their promises given by their makers. All of the electrical components, different kits and programming possibilities are taken into account when deciding which of the kits to obtain. Before obtaining the kits a thorough research is made in order to find out the pricing and contents of each kit.

Secondly, the robotics platforms are compared in practice. The obtained kits representing each platform are constructed into robots. Three robots are constructed in total. Problems which occurred during the practice are pointed out in the document in order to prevent unexpected surprises.

Finally, after completing the practice, validity between the theoretical analysis and practice is analysed. By doing this analysis the quality, complexity and opportunities can be assessed. The analysis will estimate the appropriate age of students for each robotics platform.

CERCS: T125 Automation, robotics, control engineering

Keywords: robotics

KASUTATUD LÜHENDID

- DC – Direct current
- FTC – First Tech Challenge.
- Inc – Incorporation
- LCD – Liquid-crystal display
- LED – Light-emitting diode
- Li-Po – Liitiumpolümeeraku
- NiMH – Nikkel-metallhüdriidaku
- POM – Polüoksümetüleen ehk polüatsetaal
- QR – Quick Response
- RAM – Random-access memory
- RGB – Red, green, blue
- RJ – Registered jack
- STEM – Science, Technology, Engineering, Math
- SPI – Serial Peripheral Interface Bus
- USB – Universal Serial Bus
- WRO - World Robot Olympiad

SISUKORD

RESÜMEE.....	2
ABSTRACT.....	3
KASUTATUD LÜHENDID	4
SISUKORD.....	5
SISSEJUHATUS	7
1. Platvormide ülevaade.....	8
1.1. Matrix	8
1.1.1. Matrix komplekti tutvustus.....	8
1.1.2. Matrix mootorite kontrollid	8
1.1.3. Matrix mootorid.....	10
1.1.4. Matrix servomootorid	10
1.1.5. Matrix komplektid	11
1.2. TETRIX.....	12
1.2.1. TETRIX komplekti tutvustus	12
1.2.2. TETRIX MAX vs. TETRIX PRIME.....	12
1.2.3. TETRIX mootorite kontrollid.....	13
1.2.4. TETRIX mootorid	14
1.2.5. TETRIX servomootorid.....	14
1.2.6. TETRIX PRIME komplektid.....	15
1.2.7. TETRIX MAX komplektid	16
1.3. VEX.....	18
1.3.1. VEX komplekti tutvustus	18
1.3.2. VEX juhtplokk.....	19
1.3.3. VEX mootorid	19

1.3.4. VEX andurid.....	20
1.3.5. VEX IQ komplektid.....	21
1.3.6. VEX EDR komplektid.....	22
2. Komplektide katsetamine.....	23
2.1. Matrix Base Set ja Matrix Classroom Resource Set	23
2.1.1. Quick Start Rover	23
2.1.2. The Little Gripper	25
2.1.3. Matrix komplekti katsetamise tulemus.....	25
2.2. TETRIX MAX Starter Set ja TETRIX MAX Resource Set	27
2.2.1. TETRIX MAX R/C Ranger.....	27
2.2.2. TETRIX MAX Arm and Gripper	29
2.2.3. TETRIX komplekti katsetamise tulemus	29
2.3. VEX IQ Super Kit.....	30
2.3.1. Clawbot IQ	30
2.3.2. Roboti juhtploki kasutajaliides	30
2.3.3. VEX IQ komplekti katsetamise tulemus	32
3. Platvormide analüüs ja järeldused	33
3.1. Matrix platvorm.....	33
3.2. TETRIX platvorm	33
3.3. VEX platvorm	34
4. Kokkuvõte.....	35
5. VIITED	37
6. LISAD.....	38
Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	40

SISSEJUHATUS

Robootika on aastast aastasse arenenud ning muutunud järjest populaarsemaks. Populariseerimise üheks põhjuseks võib olla robootika ja programmeerimise õpetamine noortele selleks väljatöötatud robootikakomplektide ja lihtsate programmeerimiskeskondade kaudu. Robootika mängulisuse ja võistluslikkuse kaudu on võimalik motiveerida noori ning populariseerida reaalaralasid.

Roboti moodustavad mootorid, sensorid, kontrollid, toiteallikas, roboti kere, tarkvara ja muud mehhatroonilised moodulid, mis aitavad süsteemil soovitud ülesannet täita. Piisab ühest nõrgast lülist, et eesmärgi täitmine ebaõnnestuks. Roboti toimimiseks on vajalik nende komponentide omavaheline sobivus ja koostöö. Noortele robootikahuvilistele on koostatud õppeplatvormid, milles on koondatud vajaminevad komponendid ning nende kaudu on võimalik õpetada robootika põhitõdesid. Robootika õppeplatvormide seast kõige laiemalt on koolirobootikas levinud LEGO® MINDSTORMS™ NXT ja EV3. Lisaks leiduvad hetkel vähem populaarsemad, kuid siiski paljude võimalustega platvormid nagu Matrix, TETRIX ja VEX. Töös võrreldakse õppeplatvormide elektroonikat, mehhaanikat, tarkvaralisi vahendeid, ja platvormide erinevaid komplekte. Töös mainitakse võistluseid, kus on võimalik jälgida või demonstreerida just nende platvormide tegutsemist.

Töö käigus võrreldakse erinevaid robootika õppeplatvorme, katsetatakse ja analüüsitakse nende omadusi. Lõputöö lugeja on teadlikum vaadeldavatest platvormidest ja nende komplektidest. Üheks töö eesmärgiks on anda hinnang nende sobivusele erinevates vanuserühmades või kooliastmetes. Nendele teadmistele tuginedes oskab valida sobiva platvormi vastavalt vajadusele.

Käesoleva töö eesmärk on analüüsida erinevaid õppeplatvorme ning tõsta sellega lugeja teadlikkust, ennetada nende platvormidega tegutsemisel tekkivaid probleeme, anda hinnang nende sobivusele erinevates vanuserühmades või kooliastmetes, tekitada huvi robootika vastu ja tõsta koolirobootika kvaliteeti.

1. Platvormide ülevaade

Käesolevas peatükis võrreldakse kolme robotika platvormi ja eesmärgiks on leida vastus iga platvormi jaoks küsimusele: milline komplekt on kasutamiseks kõige mõistlikum hinna ja sisu poolest?

1.1. Matrix

1.1.1. Matrix komplekti tutvustus

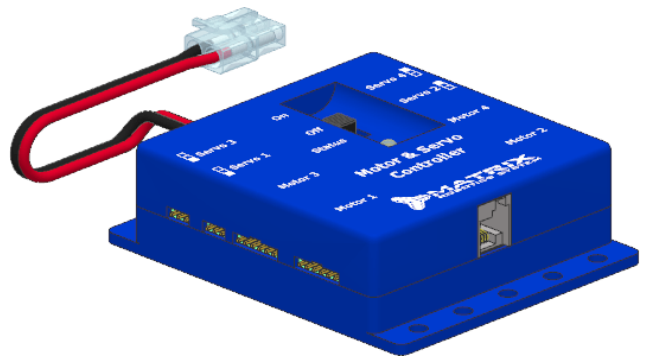
Matrix Robotics poolt loodud robotikakomplekt jõudis turule 2011. aastal. Komplekti arendajateks on robotikud ja insenerid, kellel on 25-aastane kogemus robotika valdkonnas. Arendajate eesmärgiks oli luua robotite ehituskomplekt, mis oleks kvaliteetne, ent samas taskukohane. [1]

Matrix komplekti omadused [1]:

1. Innovatiivne 3D ehitussüsteem;
2. Konnektorite süsteem, mis võimaldab kiiret prototüüpide arendust;
3. 100% ühilduv LEGO® MINDSTORMS™ ja LEGO® Technic™ juppidega;
4. Programmeeritav NXT-G ja LabView programmeerimiskeskonnas ning C-keeles;
5. Tööstuslikule standardile vastavad mootorid, servomootorid ja riistvara.

1.1.2. Matrix mootorite kontrolleri

Matrix Robotics kontrolleri (vt. Joonis 1) on kombinatsioon alalisvoolumootorite kontrolleri ja servomootorite kontrolleri. Kontrolleri on 4 alalisvoolumootori porti sisseehitatud koodritega ja 4 servo porti koos pingemuunduriga. Pingemuundur muundab toitepinge servomootori jaoks 6 voldiks, kuna toiteallikana kasutatakse 9,6-voldise pingega akut. Kontrolleri suudab jälgida aku pinget ja iga



Joonis 1. Matrix mootorite kontrolleri

mootori positsiooni. Lisaks (servo-)mootorite portidele on kontrolleri LEGO® MINDSTORMS™ NXT jaoks kohandatud RJ12 pistikupesaga, mis võimaldab kontrolleri ühendamist NXT juhtploki. Selline kombinatsioon võimaldab juhtida ühel LEGO® MINDSTORMS™ NXT juhtploki pordil kuni

nelja Matrix mootorit ja nelja servomootorit. Kontroller suhtleb LEGO® MINDSTORMS™ NXT-ga I2C liidese kaudu.

Kontrolleril on süvistatud toitelüliti, voolukaitse ja kahevärviline LED. Kahevärviline LED kujutab kontrolleri staatust järgmiselt:

- Roheline LED - kontroller on tegevuseta.
- Vilkuv roheline LED - toimub andmevahetus kontrolleri ja NXT juhtploki vahel.
- Punane LED - kontroller juhib vähemalt üht mootorit või servomootorit.
- Vilkuv punane LED - kontroller juhib vähemalt üht mootorit või servomootorit ja samal ajal toimub andmevahetus kontrolleri ja NXT juhtploki vahel.

Matrix kontroller on LEGO® MINDSTORMS™ NXT-ga juhitav, kuna see toetab I2C liidest. I2C kasutab mäluaadressiregistrit ja adresseeritavat mäluruumi (vt. Tabel 1). Aadressiregistrisse on võimalik kirjutada kasutades I2C kirjutamisfunktsiooni. Aadressiregistrile järgnevad baidid kirjutatakse mällu alates aadressiregistri aadressist mälus. Aadressiregistrit suurendatakse automaatselt iga kord kui aadressilt loetakse või sinna kirjutatakse. I2C lugemine algab hetkel aadressiregistris olevast mälu aadressist.

Rohkem informatsiooni leiab Matrix Robotics kontrolleri andmelehest (vt. Lisa 1)

Aadress	Tüüp	Sisu
00 - 07H	chars	Kontrolleri versiooni number
08 - 0FH	chars	Tootja
10 - 17H	chars	Kontrolleri Tüüp
18 - 3DH	bait	Pole kasutuses
3E, 3FH	bait	Reserveeritud
40H	bait	Pole kasutuses
41H	bait	Kontrolleri staatus
42H	bait	Timeout'i kontroll
43H	bait	Aku tase
44H	bait	Start lipp
45H	bait	Servo enable
46H	bait	Servo 1 kiirus
47H	bait	Servo 1 siht
48H	bait	Servo 2 kiirus
49H	bait	Servo 2 siht
4AH	bait	Servo 3 kiirus
4BH	bait	Servo 3 siht
4CH	bait	Servo 4 kiirus
4DH	bait	Servo 4 siht
4E - 51H	lword	Mootori 1 positsioon
52 - 55H	lword	Mootori 1 siht
56H	bait	Mootori 1 kiirus
57H	bait	Mootori 1 mode
58 - 5BH	lword	Mootori 2 positsioon
5C - 5FH	lword	Mootori 2 siht
60H	bait	Mootori 2 kiirus
61H	bait	Mootori 2 mode
62 - 65H	lword	Mootori 3 positsioon
66 - 69H	lword	Mootori 3 siht
6AH	bait	Mootori 3 kiirus
6BH	bait	Mootori 3 mode
6C - 6FH	lword	Mootori 4 positsioon
70 - 73H	lword	Mootori 4 siht
74H	bait	Mootori 4 kiirus
75H	bait	Mootori 4 mode

Tabel 1. Matrix kontrolleri mäluaadressid ja nende sisud

1.1.3. Matrix mootorid

Matrix Robotics erinevate komplektide hulgast leiab 3 erineva spetsifikatsiooniga mootorit:

1. Matrix Base Seti kuuluv 9V alalisvoolumootor. Komplekti kuulub 2 mootorit. (vt. Lisa 2)
2. Matrix FTC Competition Seti kuuluv 12V alalisvoolumootor. Komplekt sisaldab 4 mootorit. (vt. Lisa 3)
3. Matrix Competition Resource Seti kõrge pöördemomendiga 9V alalisvoolumootor. Komplektis 2 mootorit. (vt. Lisa 4)

Matrix mootoreid võrdlev tabel (vt. Tabel 2):

	1. mootor	2. mootor	3. mootor
Toitepinge	9V DC	12V DC	9V DC
Pöörlemiskiirus koormuseta	196rpm~265rpm	140rpm~190rpm	196rpm~265rpm
Voolutugevus koormuseta	Max. 230mA	Max. 300mA	Max. 330mA
Ülekanne	27:1	52:8:1	27:1
Pöördemoment	11,5 kg/cm	33,3 kg/cm	16,8 kg/cm
Voolutugevus seiskumisel	4200mA	5900mA	5800mA

Tabel 2. Matrix mootorite võrdlus

1.1.4. Matrix servomootorid

Servomootoreid on Matrix platvormis kahes erinevas variandis. Lisaks Matrixi baaskomplekti kuuluvatele plastmassist ülekandega servomootoritele (vt. Tabel 3), sisaldab Matrix FTC Competition Set nelja metallist ülekandega servomootorit. Rohkem informatsiooni Matrix servomootori kohta andmelehest (vt. Lisa 5).

	Matrix servomootor
Toitepinge	6 V
Ülekanne	Plastmass
Liikumisvahemik	120°
Pöördemoment	6,5 kg/cm
Mass	17,8 g

Tabel 3. Matrix servomootori andmed

1.1.5. Matrix komplektid

Matrix toodab oma platvormist nelja erinevat komplekti:

1. Matrix Base Set
2. Matrix FTC Competition Set
3. Matrix Classroom Resource Set
4. Matrix Competition Resource Set

Matrix komplektide võrdlev tabel (vt. Tabel 4):

	Kirjeldus	Osade hulk	Detailid	Hind (\$ [2])
Matrix Base Set	Sisaldab roboti funktsioneerimiseks põhilisi komponente nagu mootorid, kontrollid, servod, aku ja selle laadija. Lisaks sisaldab komplekt keredetaile.	750+	<ul style="list-style-type: none"> • Kontroller • 2 mootorit • 2 servomootorit • Aku ja laadija • 4 ratast • Hammasrattad • Erinevad talad, ühendused ja keredetailid • Plastmassist karp koos sorteerimisalusega • 6-osaline tööriistakomplekt 	499,00
Matrix FTC Competition Set	Kõige suurem Matrixi komplekt. Mõeldud FTC võistlusel osalemiseks.	1074	<ul style="list-style-type: none"> • 4 12V mootorit • 4 metallist ülekandega servomootorit • 4 laia ratast • 2 kaherealist omniratast • Metallist hammasrattad • XL C talad • Hoiustamiskarp • 12 V aku ja laadija 	695,00
Matrix Classroom Resource Set	Mõeldus kasutamiseks koos baaskomplektiga, kuna ei sisalda elektroonikat.	500+	<ul style="list-style-type: none"> • 2 ratast • Hammasrattad • Talad, ühendused ja plaadid • Teljed • XL talad ja ühendused 	199,00
Matrix Competition Resource Set	Mõeldud kasutamiseks koos baaskomplektiga. Komplekti omapäraks on omnirattad ja võimsad mootorid.	350+	<ul style="list-style-type: none"> • C-Channel • XL talad ja ühendused • Omnirattad • 2 9V toitepingega suure pöördemomendiga mootorit 	199,00

Tabel 4. Matrix platvormi komplektid

Matrix Base Setiga on võimalik ehitada funktsioneeriv robot, kui hankida juurde LEGO® MINDSTORMS™ NXT juhtplokk. Matrixi komplektide hulgas sisaldab ainult baaskomplekt

mootorite kontrollereid ja muid roboti funktsioneerimiseks vajalikke komponente ning seetõttu on kõige sobivam alustamiseks, kuna ei nõua peale juhtploki lisakulutusi. Matrix FTC Competition Set vajab lisaks mootorite kontrollereid ja juhtploki, kuid suurem osade hulk ja võimsamad mootorid pakuvad rohkem võimalusi.

1.2. TETRIX

1.2.1. TETRIX komplekti tutvustus

TETRIX on hariduslikul ja võistluslikul eesmärgil loodud robotite ehitussüsteem [3]. Komplekt jõudis turule 1997. aastal ning selle töötas välja Pitsco Inc [3]. Robootikaplatvorm jaguneb kaheks: TETRIX MAX ja TETRIX PRIME [3]. Viimane neist on arendajate poolt mõeldud eelkõige põhikooli õpilastele õppe-eesmärgil, TETRIX MAX komplekt on suunatud keskkoolis õppijatele [3]. Mõlema komplekti detailid on teineteisega ühilduvad. TETRIXit on võimalik programmeerida kasutades selleks NI myRIO, LEGO NXT, EV3, Arduino või Raspberry Pi programmeerisplatvorme.

TETRIX komplekti omadused:

1. Ühilduv LEGO® Technic™ ja LEGO® MINDSTORMS™ juppidega.
2. TETRIX PRIME ja TETRIX MAX komponendid on teineteisega ühilduvad.
3. Võimalik juhtida LEGO MINDSTORMS® EV3 või NXT, NI myRIO, Arduino ja Raspberry Pi kaudu.
4. Iga Starter Set sisaldab montaaži jaoks vajalike tööriistu ja juhendit.

1.2.2. TETRIX MAX vs. TETRIX PRIME

TETRIX platvorm jaguneb kaheks: TETRIX MAX ja TETRIX PRIME. Komplektide omavahelist võrdlust on võimalik näha tabelist (vt. Tabel 5). [4, 5]

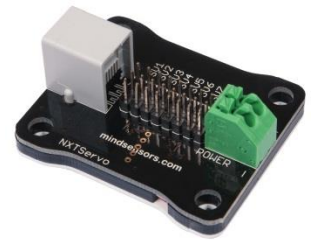
TETRIX® PRIME	TETRIX® MAX
Peamine eelis: taskukohane	Peamine eelis: laialdane
Sobiv alates 12. eluaastast	Sobiv alates 14. eluaastast
Lihtne ja kiire, sobib prototüübi koostamiseks	Ideaalne võistlusteks – võimalik ehitada suuri ja vastupidavaid ehitisi, kindlad ühendused.
Sobib kiiresti ja lihtsasti disaini muutmiseks	Sobiv FIRST® Tech Challenge'il osalemiseks.
Ühilduv TETRIX MAX detailidega	Ühilduv TETRIX PRIME detailidega

Tabel 5. TETRIX MAX ja TETRIX PRIME võrdlev tabel

1.2.3. TETRIX mootorite kontrollid

TETRIX komplekti puhul on võimalik valida mitme erineva kontrolleri hulgast:

1. **NXTServo-v3** (vt. Joonis 2) - servomootorite kontrolleri moodul, mis ühildub LEGO® NXT või EV3 juhtajuga ning võimaldab juhtida kuni 8 servomootorit. Suhtleb NXT juhtajuga I2C liidese kaudu. Vajab toiteallikat, mille jõudlus sõltub kontrollitavate servomootorite hulgast ja võimsusest.



Joonis 2. NXTServo-v3

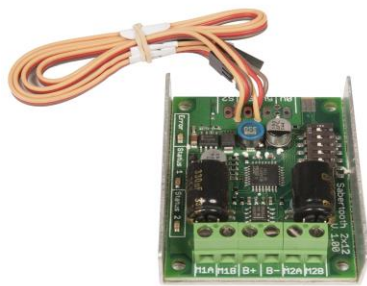
Soovituslikud toiteallikad vastavalt servomootorite valikule (vt. Tabel 6):

Servomootorid	Soovituslik toiteallikas
Kuni 8 mini/micro servomootorit, sõltumata koormusest	6V - 4AA patareid
Kuni 2 RC servomootorit, keskmise koormusega	6V - 4AA patareid
Kuni 6 mini/micro servomootorit, keskmise koormusega	6V - 4AA patareid
Kuni 4 RC servomootorit, suure koormusega	7,2V - Li-Po aku
8 RC servomootorit, suure koormusega	7,5V - NiMH-aku

Tabel 6. Soovituslikud toiteallikad NXTServo-v3 jaoks vastavalt servomootorite valikule.

Kontrolleri kohta täpsemalt võimalik lugeda NXTServo-v3 andmelehest (vt. Lisa 6).

2. **MAX R/C kontrolleri** (vt. Joonis 3) - kontrolleri, millega on võimalik juhtida kuni 2 TETRIX mootorit. Ühildub TETRIX kaugjuhtimispuldi vastuvõtjaga.
3. **HiTechnic kontrolleri** (vt. Joonis 4) - kontrolleri, mis ühendub kahe DC mootoriga ja kahe kodeerijaga. Suhtleb LEGO® NXT või EV3 juhtajuga I2C liidese kaudu. Rohkem informatsiooni HiTechnic kontrolleri andmelehest (vt. Lisa 7).



Joonis 4. MAX R/C kontrolleri



Joonis 3. HiTechnic kontrolleri

1.2.4. TETRIX mootorid

- TETRIX MAX komplektides kasutatakse 12V toitepingega vahelduvvoolu mootorit (vt. Joonis 5). Mootori pöörlemiskiirus ilma koormuseta on 152 pööret minutis ja pöördemoment 3,9 kg/cm. Rohkem informatsiooni TETRIX MAX DC mootori andmelehest (vt. Lisa 8).



Joonis 5. TETRIX MAX komplekti mootor

1.2.5. TETRIX servomootorid

TETRIX platvormi kuulub kokku 6 erinevat servomootorit, neist 4 piiratud liikumisvahemikuga (vt. Tabel 7) ja 2 piiramata liikumisvahemikuga servomootorit (vt. Tabel 8).



Joonis 6. HS-1425CR servomootor

	Toitepinge	Ülekanne	Liikumisvahemik	Pöördemoment	Kaal
TETRIX MAX Quarter-Scale HS-755HB	4,8-6,0 V	Karbonite	180°	11,0-13,2 kg/cm	110 g
TETRIX MAX Quarter-Scale HS-785HB	4,8-6,0 V	Karbonite	1260°	11,0-13,2 kg/cm	110 g
180° Standard-Scale HS-485HB	4,8-6,0 V	Karbonite	180°	4,8-6,0 kg/cm	45 g
HS-322HD Standard Sevo	4,8-6,0 V	Karbonite	180°	3,0-3,7 kg/cm	43 g

Tabel 7. Piiratud liikumisvahemikuga TETRIX servomootorid

	Toitepinge	Ülekanne	Liikumiskiirus	Pöördemoment	Kaal
TETRIX MAX Continuous Rotation Servo	4,8-6,0 V	POM	39 – 48 rpm	2,8-3,1 kg/cm	41,7 g
HS-1425CR Continuous Rotation Servo (vt. Joonis 6)	4,8-6,0 V	Nailon	44 – 52 rpm	2,8-3,1 kg/cm	41,7 g

Tabel 8. Piiramata liikumisvahemikuga TETRIX servomootorid

1.2.6. TETRIX PRIME komplektid

TETRIX Robotics koduleheküljel on võimalik valida 5 TETRIX PRIME komplekti hulgast, kuid sisuliselt pakub TETRIX PRIME 3 unikaalset komplekti (vt. Tabel 9). Ülejäänud 2 on eelnevate komplektide kombinatsioonid, mis mõeldud õppe-eesmärgil klassides või huviringides õpilastele kasutamiseks.

	Kirjeldus	Osade hulk	Detailid	Hind
PRIME R/C Starter Set	Komplekt on loodud õppe-eesmärgil ning sisaldab kõiki alustamiseks vajaminevaid detaile. Komplektiga on kaasas 92-leheküljeline juhend kolme roboti ehitamiseks.	304	<ul style="list-style-type: none"> • Alumiiniumist või plastmassist struktuurielemendid, rummud, ühendus- ja keredetailid • PRIME Gripper Kit • Rattad • Hammasrattad • 4-kanaliga juhtpult ja vastuvõtja • Aku ja -laadija • 4 servomootorit • Toitelüliti • Hoiustamiskarp • 4 palli • 4 topsi • Juhend 	329,00\$
PRIME Expansion Set	TETRIX PRIME baskomplekti lisa.	492	<ul style="list-style-type: none"> • Alumiiniumist ja plastmassist ehitusdetailid • 1 servomootor • 4 ratast • 4 hammasratast • Kruvikeeraja • Hoiustamiskarp • Sorteerimisalus • Juhend 	179,00\$
PRIME Gripper Kit	Haarats, mille avatud lõua laius kuni 63mm. Funktsioneerimiseks juurde vaja servomootorit.	33	<ul style="list-style-type: none"> • PRIME Gripper Kit 	9,95\$
PRIME Class Pack	Mõeldud õppe-eesmärgil kasutamiseks 24 õpilasele paarikaupa. Sisaldab 12 TETRIX PRIME R/C Starter Seti.	3648	<ul style="list-style-type: none"> • 12 TETRIX PRIME R/C Starter Set 	3895,00\$
PRIME Getting Started Package	Mõeldud õppe-eesmärgil kasutamiseks 24 õpilasele paarikaupa. Sisaldab 12 TETRIX PRIME R/C Starter ja Expansion Seti.	9550+	<ul style="list-style-type: none"> • 12 TETRIX PRIME R/C Starter Set • 12 TETRIX PRIME Expansion Set • TETRIX PRIME Build DVD 	5995,00\$

Tabel 9. TETRIX PRIME komplektid

TETRIX PRIME komplektide hulgast alustamiseks piisab TETRIX PRIME R/C Starter Setist, mis sisaldab kõike vajalikku juhtpuldi abil kaugjuhitava roboti ehitamise jaoks. Komplekti 4 servomootori hulgast 2 sobivad kasutamiseks veomootoritena, kuna on piiramata liikumisvahemikuga. Ülejäänud 2 piiratud 180-kraadise liikumisvahemikuga servomootorit sobivad haaratsi või mõne muu funktsiooni juhtimise jaoks.

1.2.7. TETRIX MAX komplektid

TETRIX MAX komplektide hulka kuulub kokku 12 komplekti, millest 4 on mõeldud spetsiaalselt robotika võistlustel nagu SkillsUSA, WRO ja FTC osalemiseks. TETRIX MAX komplektid (vt. Tabel 10):

	Kirjeldus	Osade hulk	Detailid	Hind (\$)
Assorted Parts Package	Komplekt sisaldab 38 TETRIX MAX komplekti detaili.	38	<ul style="list-style-type: none"> • Alumiiniumist ehitusdetailid • 1 TETRIX MAX DC mootor 	99,95
MAX R/C Starter Set	Komplektis olevad detailid on valmistatud vastupidavast alumiiniumist. Sisaldab palju detaile ja sobib alustamiseks. Komplektiga on kaasas 190-leheküljeline juhend kolme roboti ehitamiseks.	584	<ul style="list-style-type: none"> • Alumiiniumist ehitusdetailid • 2 mootorit • 2 servomootorit • Mootorite kontrolleri • 2 ratast • 4 omniratast • 4 hammasratast • Patareihooldaja • 4-kanaliga juhtpult • Tööriistad • Hoiustamiskarp • 190-leheküljeline juhend 	595,00
MAX Expansion Set	Komplekt on mõeldud MAX Starter Seti laiendusena.	637	<ul style="list-style-type: none"> • Alumiiniumist ehitusdetailid • Hammasrattad • Roomikud • 1 Servomootor • 4 palli • Hoiustamiskarp • Juhend 	249,00
MAX Getting Started Package	Mõeldud õppe-eesmärgil kasutamiseks 24 õpilasele neljakaupa. Sisaldab 6 MAX R/C Starter Seti ja 6 MAX Expansion Seti, juhendit õpetajale koos DVD ja posterikomplektiga.	7326+	<ul style="list-style-type: none"> • 6 TETRIX MAX R/C Starter Set • 6 TETRIX MAX Expansion Set • Juhend õpetajale • Posterikomplekt • DVD 	4995,00
MAX R/C Class Pack	Mõeldud õppe-eesmärgil kasutamiseks 24 õpilasele neljakaupa. Sisaldab 6 TETRIX MAX R/C Starter Seti	3504	<ul style="list-style-type: none"> • 6 TETRIX MAX R/C Starter Set 	3495,00

MAX Resource Set	Lisa stardikomplektile. Komplekt sisaldab alumiiniumist ehitusdetalle ja hammasrattaid.	40	<ul style="list-style-type: none"> • Alumiiniumist ehitusdetailid • Hammasrattad • 4 ratast • Hoiustamiskarp 	169,95
Urban Search & Rescue Challenge Set	Komplekt on mõeldud eelkõige SkillsUSA võistluse jaoks.	682	<ul style="list-style-type: none"> • Alumiiniumist ehitusdetailid • 4 ratast • 4 hammasratast • 2 mootorit • 2 servomootorit • 12 V aku, akulaadija • R/C mootorite kontrolleri • 4 kanaliga juhtpult • Juhend 	799,00
Mr. Robot Assembled Kit	~150 cm pikk humanoidrobot kokkupanduna.	2800+	<ul style="list-style-type: none"> • 4 TETRIX MAX Starter Set • TETRIX roomikud • Alumiiniumist ehitusdetailid • LEGO® Technic™ detailid • 2 HiTechnic servo kontrolleri • EV3 juhtaju, laadija • 2 12V, 3000 mAh NiMH aku, laadija • Juhtpult • Juhend 	6999,00
Mr. Robot Unassembled Kit	Kokkupanemata ~150 cm pikk humanoidrobot.	2800+	(Vt. eelmist komplekti)	3500,00
WRO Competition Base Set	Komplekt mõeldud WRO võistlusel osalejatele.	600+	<ul style="list-style-type: none"> • 130 TETRIX MAX alumiiniumist konstruktsioonielemendid • 2 ratast • omnirattad • 15 hammasratast • Linear Slide Pack • 2 mootorit • servomootorid • HiTechnic Servo kontrolleri • Mootorite kontrolleri • 12 V 3000 mAh aku, laadija • Tööriistad • Hoiustamiskarp 	950,00
WRO Challenge Full Set	Komplekt mõeldud WRO võistlusel osalejatele. Lisaks WRO Competition Base Seti komplekti sisule, sisaldab see komplekt LabView Student Editioni litsentsi ja NI myRio kontrolleri.	600+	<ul style="list-style-type: none"> • WRO Competition Base Set • LabView Student Edition • NI myRio kontrolleri 	1595,00

FTC Competition Set	FTC võistluse jaoks mõeldud komplekt. Komplekti ei ole kontrollierit.	843	<ul style="list-style-type: none"> • TETRIX MAX alumiiniumist konstruktsioonelemendid • 4 ratast • 4 omniratast • Hammasrattad • Aku ja –laadija • 4 mootorit • 4 servomootorit • Tööriistad • Hoiustamiskarp 	725,00
----------------------------	---	-----	--	--------

Tabel 10. TETRIX MAX komplektid

TETRIX MAX komplektide hulgast sobib kõige paremini alustamiseks MAX R/C Starter Set, kuna see on soodsaim komplekt, mis sisaldab toimimiseks vajalike elektroonika komponente kui ka piisavalt ehitamiseks vajalike konstruktsioonelemente. Komplekti sisu kasutades on võimalik ehitada kaugjuhtimispuldi abil juhitud robot, mis liigub 2 vahelduvvoolu mootori abil ning lisada sellele funktsionaalsust kasutades servomootoreid.

1.3. VEX

1.3.1. VEX komplekti tutvustus

VEX Robotics eesmärgiks oli luua robotika komplektid, mis oleks sobivad nii põhi-, kesk- kui ka kõrgkooli õpilastele. VEX Robotics komplektid pakuvad õpilastele põnevaid võimalusi STEM alaste teadmiste arendamiseks. VEX komplektid jagunevad omakorda veel kolmeks:

- **VEX IQ** - sihtrühmaks põhikooli õpilased. Komplekti detailid on valmistatud plastmassist. Komponentide ühendamise jaoks pole vaja kasutada ühtegi tööriista.
- **VEX EDR** - detailid on metallist ja vastupidavamad kui VEX IQ plastmassist jupid. Komplekt on mõeldud kesk- ja kõrgkooli õpilastele.
- **VEX PRO** - eraldi müüdavad elektroonika, pneumaatika ja mehhaanika komponendid. VEX PRO komponendid on kvaliteetsed, kerged ja taskukohased. Komponendid on mõeldud eelkõige võistlustel osalemiseks.

1.3.2. VEX juhtplokk

VEX juhtplokk (vt. Joonis 7) kasutab Texas Instruments Tiva ARM Cortex-M4 80MHz taktsagedusega protsessorit. Protsessoril on kasutada 256K flash ja 32K RAM mälu. Toiteallikana kasutatakse 7,2-voldise toitepingega 2000 mAh Ni-MH akut. Juhtplokk on lihtsasti programmeeritav Modkit või ROBOTC graafilise kasutajaliidesega programmeerimistarkvara kaudu. Programmid laetakse juhtploki mällu USB 2.0 liidese



Joonis 7. VEX juhtplokk

abil. Juhtploki mällu on vaikimisi juba salvestatud mõned programmid, millega on võimalik robotit koheselt katsetada pärast demoroboti kokkupanekut. Juhtplokil külgedel paiknevad 12 identset porti, mille kaudu on võimalik ühendada kuni 12 andurit. Andurid tuvastatakse automaatselt. VEX IQ juhtploki LCD ekraani on lihtne kasutada. Juhtploki peal olevate nuppude abil saab valida ekraanilt sobiva programmi ja selle käivitada. Ekraanil kuvatakse akutaset ja kaugjuhtimispuldi vahelist signaalitugevust. Kaugjuhtimispuldi vastuvõtja ühendub ekraani kõrval asuvasse porti. Lisaks asub juhtplokil tether port, mida kasutatakse kontrolleri ja kaugjuhtimispuldi vaheliseks suhtlemiseks ning kontrolleri laadimiseks. Juhtplokk koos aku ja vastuvõtjaga kaalub 322 grammi.

1.3.3. VEX mootorid

VEX IQ mootorid (vt. Joonis 8) on varustatud Texas Instruments MSP430 mikrokontrolleriga, mille taktsagedus on 16MHz. Mikrokontroller suudab täita käske, mõõta mootorite kiirust ja suunda, jälgida voolutugevust ja juhtida mootorit H-silla kaudu. H-sild toimib voolukaitsena ja väldib mootoreite ülekuumenemist. VEX mootori andmed (vt. Tabel 11):



Joonis 8. Vex IQ mootor

	VEX IQ mootor
Toitepinge	7,2 V
Pöörlemiskiirus koormuseta	120 rpm
Voolutugevus koormuseta	<100 mA
Pöördemoment	4,22 kg/cm
Mass	75 g

Tabel 11. VEX mootori andmed

1.3.4. VEX andurid

VEX IQ komplekti kuulub 5 erinevat andurit:

- Gyro Sensor – güroskoop, mille abil on teha väga täpseid pöördeid. Näiteks on võimalik robotit Gyro Sensori abil pöörata täpselt 180° ja täpselt roboti algsesse positsiooni. Güroskoop mõõdab kui kiiresti robot pöörab ning selle kaudu on võimalik teada saada millises suunas on robot. VEX IQ Gyro Sensor kasutab Texas Instruments MSP430 mikrokontrollerit, mis töötab 16 MHz taktsagedusel. Mikrokontroller suhtleb MEMS güroskoobiga SPI siini kaudu sagedusega 10 MHz. MEMS güroskoop mõõdab pööramist 16-bitise resolutsiooniga.
- Distance Sensor – kauguse mõõtja, mis kasutab kauguse mõõtmiseks ultraheli laineid. Suudab mõõta objekti kaugust, mis pole lähemal kui 50mm ja mitte kaugemal kui 1m. Ultraheli sensor kasutab Texas Instrumenst MSP430 mikrokontrollerit, mis töötab 16 MHz taktsagedusel. Ultraheli sensor mõõdab aega, mis kulub ultraheli laine saatmisest kuni selle peegelduse vastuvõtmiseni ning on võimeline arvutama teepikkuse teades kiirust ja aega.
- Color Sensor – andur, mis suudab tuvastada objekti värvi. Andur mõõdab eraldi punast, rohelist ja sinist lainepikkust ning nende kombinatsiooni tulemusena suudab tuvastada objekti värvi.
- Touch LED – andur, mis on puutetundlik ja võimeline väljastama värvi. Andur kasutab RGB LEDi, mis on võimeline väljastama punase, rohelise ja sinise LEDi kombineerimisel kuni 16 miljonit erinevat värvitooni.
- Bumper Switch – puutetundlik andur, mis suudab tuvastada vajutuse. Andur eristab kolme staatust: Üleval (*Up*), All (*Down*), Vajutatud (*Bumped*).

1.3.5. VEX IQ komplektid

VEX IQ komplektide valik (vt. Tabel 12) :

	Kirjeldus	Osade hulk	Detailid	Hind (\$)
VEX IQ Starter Kit with Controller	Komplekt on mõeldud eelkõige kaugjuhitava roboti koostamiseks. Sobib alustamiseks, kui eesmärgiks pole ehitada autonoomset robotit. Komplektiga kaasas instruktsioon ühe roboti ehitamiseks.	850+	<ul style="list-style-type: none"> • VEX IQ juhtaju • Juhtpult • 2 puuteandurit • 4 mootorit • Aku ja laadija • Hoiustamiskarp • Sorteerimisalus • 4 ratast • Hammasrattad • Rihmarattad • Metallist võllid • Plastmassist kere- ja ühendusdetailid 	249,99
VEX IQ Starter Kit with Sensors	Komplekt võimaldab ehitada autonoomseid roboteid. Samuti komplektiga kaasas instruktsioon ühe roboti ehitamiseks.	850+	<ul style="list-style-type: none"> • VEX IQ juhtaju • 7 sensorit • 4 mootorit • Aku ja laadija • Hoiustamiskarp • Sorteerimisalus • 4 ratast • Hammasrattad • Rihmarattad • Metallist võllid • Plastmassist kere- ja ühendusdetailid 	249,99
VEX IQ Super Kit	Ühend kahest eelnevast komplektist.	850+	<ul style="list-style-type: none"> • VEX IQ juhtaju • Juhtpult • 7 sensorit • 4 mootorit • Aku ja laadija • Hoiustamiskarp • Sorteerimisalus • 4 ratast • Hammasrattad • Rihmarattad • Metallist võllid • Plastmassist kere- ja ühendusdetailid 	299,99
Classroom Bundle	Mõeldud õppe-eesmärgil kasutamiseks 24 õpilasele paarikaupa.	8742	<ul style="list-style-type: none"> • 12 Super Kit • 2 Cube Kit 	3449,00

Tabel 12. VEX IQ komplektid

VEX IQ komplektide hulgast sobiva komplekti valimine alustamiseks sõltub eesmärgist. Kui eesmärgiks on koostada kaugjuhitav robot, siis piisab VEX IQ Starter Kit with Controller komplektis. Juhul, kui eesmärk on luua autonoomne robot, on vaja sensoritega VEX IQ komplekti VEX IQ Starter Kit with Sensors. VEX IQ Super Kit võimaldab luua nii kaugjuhitavat kui ka autonoomset robotit ning väikese hinnaerinevuse tõttu tundub komplektide hulgast kõige mõistlikum.

1.3.6. VEX EDR komplektid

VEX EDR pakub alustamiseks kaht komplekti (vt. Tabel 13):

	Kirjeldus	Osade hulk	Detailid	Hind (\$)
Programming Control Starter Kit	Komplekt võimaldab ehitada täiesti autonoomset erinevate sensoritega varustatud robotit. Roboti kontrollina kasutatakse ARM Cortex mikrokontrollerit.	291	<ul style="list-style-type: none"> • Kontroller • 6 sensorit • Aku ja laadija • Metallist võllid, kere- ja ühendusdetailid 	399,99
Dual Control Starter Kit	Komplekt võimaldab konstrueerida nii kaugjuhitavat robotit kui ka autonoomset robotit	283	<ul style="list-style-type: none"> • Kontroller • VEXnet Joystick & VEXnet Key 2.0 • Aku ja laadija • Metallist võllid, kere- ja ühendusdetailid 	499,99

Tabel 13. VEX EDR komplektid alustamiseks

VEX EDR komplektide puhul võimaldab Programming Control Starter Kit ainult autonoomse roboti ehitamist ning Dual Control Starter Kit kaugjuhitavat ja autonoomset robotit. Komplektide valik sõltub eesmärgist.

2. Komplektide katsetamine

Selles peatükis kirjeldatakse iga komplekti katsetamisprotsessi ning selle käigus tekkinud probleeme ja mõtteid.

2.1. Matrix Base Set ja Matrix Classroom Resource Set

Matrix platvormi õnnestus kasutada Huvikooli HuviTera kaudu. Isiklikult sain käed külge panna Matrix Base Setile ja Matrix Classroom Resource Setile. Mõlemad komplektid nägid välja nagu uued, kõigest korra avatud ja enamik osi avamata pakendis. Kahe Matrix komplekti ühendina oli võimalik mul kasutada üle 1250 komponendi. Robotite koostamise juhendid on leitavad Matrix Robotics koduleheküljelt. Otsustasin ehitada Quick Start Roveri (vt. Lisa 9) ja The Little Gripperi (vt. Lisa 10).

2.1.1. Quick Start Rover

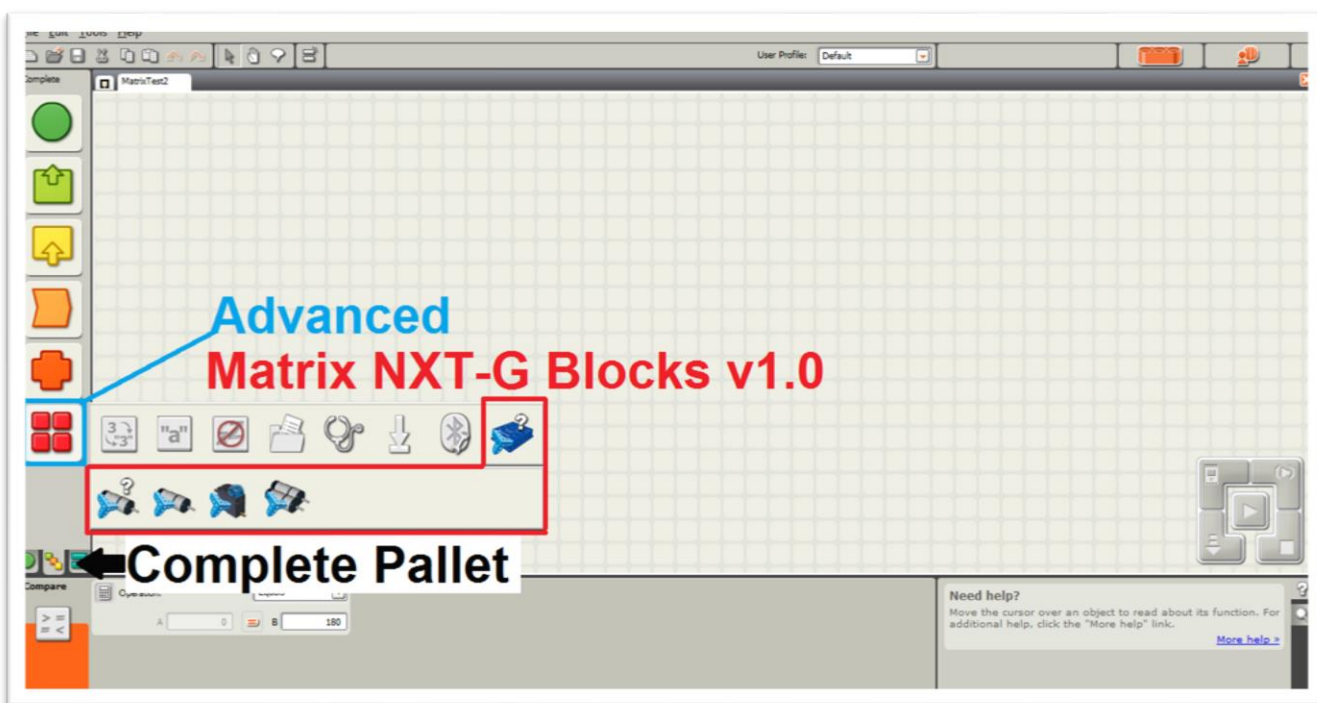
Quick Start Roveri koostamisel märkimisväärsed probleeme ei tekkinud. Ehitusprotsess oli äärmiselt ladus, kuna juhend on suhteliselt lihtsasti jälgitav ja sammud arusaadavalt illustreeritud. Juhendit oleks võimalik teha arusaadavamaks, kui luua iga sammu jaoks animatsioon, sest hetkel näidatakse ainult iga sammu jaoks vajaminevaid komponente ja lõpptulemust. Võib tekkida lugeja jaoks olukord, kus jääb arusaamatuks mõni samm. Juhendi järgi tumehalli värvi sisenurgad on tegelikkuses tumesinised. Lugeja jaoks lihtsustaks ehitusprotsessi, kui teha juhendis olevad detailid sama värvi tegelikkusega.

Ehitusprotsess oli pigem ajamahukas, kuna detailide kinnitamisel kasutatakse polte ja mutreid. Sellise kinnitussüsteemi eeliseks on kindlad tugevad kinnitused, kuid muudab tülilaks prototüüpide valmistamise. Kiireks ideede elluviimiseks ja prototüüpide testimiseks sobivad komplektis olevad Quick Connectorid, mis ei taga tugevat kinnitust, kuid hõlbustavad uute disainide arendust.

Matrix platvormi jupid on ühilduvad LEGO® MINDSTORMS™ ja LEGO® Technic™ juppidega ning Quick Start Roveri juhendis kasutatakse NXT juhtploki ja LEGO® Technic™ detaile juhtploki ühendamiseks Matrixi platvormiga. Quick Start Roveri koostamiseks ei piisa ainult Matrix Base Setist ja Matrix Classroom Resource Setist, vaid on vaja ka LEGO® MINDSTORMS™ ja LEGO® Technic™ detaile. NXT juhtploki ja Technic™ detailid sain HuvITERAst.

Roboti toiteallika osas oli vaja leida uus lahendus, kuna komplektiga kaasasolev 9,6-voldise toitepingega aku oli defektne. Akut polnud võimalik laadida, kuna oli tõenäoliselt kaua tühjana laos seisnud. Toiteallikana kasutasin kaheksat 1,2-voldise toitepingega AA akut, et saavutada 9,6-voldine toitepinge.

Lõpptulemusena valmib liikuv roboti platvorm, mis kasutab liikumiseks kaht veomootorit. Veomootoreid kontrollib Matrix mootorite kontrolleri, mis järgib omakorda NXT juhtploki juhiseid. Matrix kontrolleri kasutab NXT juhtploki suhtlemiseks I2C liidest. NXT juhtploki on võimalik programmeerida kasutades LEGO MINDSTORMS NXT 2.0 tarkvara. LEGO MINDSTORMS NXT 2.0 tarkvara on mõeldud eelkõige NXT mootorite ja sensorite programmeerimiseks ning Matrix mootorite juhtimine pole vaikinisi teostatav. Matrix mootorite juhtimiseks on vaja allalaadida vastavad koodiplokid Matrix NXT-G Blocks v1.0 (vt. Lisa 11) ning need importida. Kui Matrix NXT-G koodiplokid on korrektselt imporditud, siis need on leitavad Complete Pallet > Advanced menüü alt (vt. Joonis 9).



Joonis 9. Korrektselt imporditud Matrix NXT-G Blocks v1.0 koodiplokid

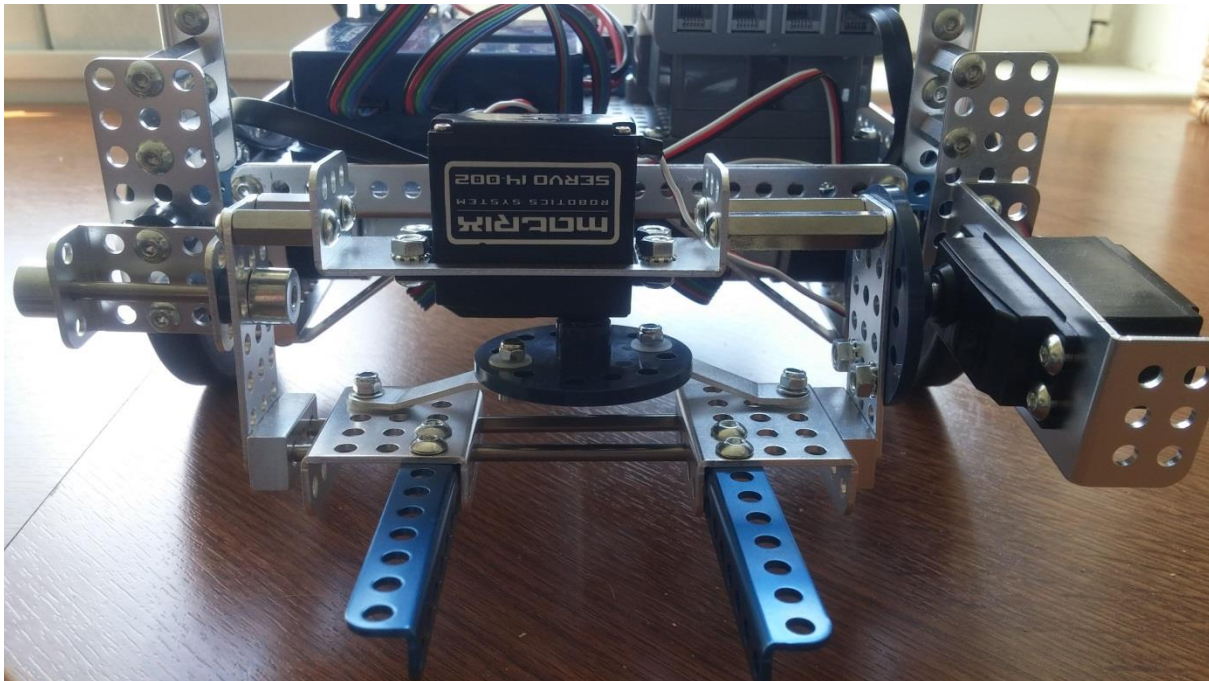
2.1.2. The Little Gripper

The Little Gripper on ühilduv Quick Start Roveriga ning lisab liikuvale platvormile haaratsi funktsionaalsuse. Haaratsi koostamisel kasutatakse kaht 180-kraadise liikumisvahemikuga servomootorit, kuid juhendis pole täpsustatud millises positsioonis peaks need olema monteerimise hetkel. Servomootori algne asukoht oleks vaja lugejale ära märkida. Jätsin esialgu 4. ja 6. sammu juhendis vahele, kuna polnud kindel servomootori asendis. Kui ülejäänud instruktsioonid täidetud, sain kindlalt täita juhendi 4. ja 6. sammu. 2. ja 7. sammus tuleks talad kinnitada üpris lõdvalt, sest muidu võib esineda talades painet ning detailide liikumine mööda talasid pole sujuv.

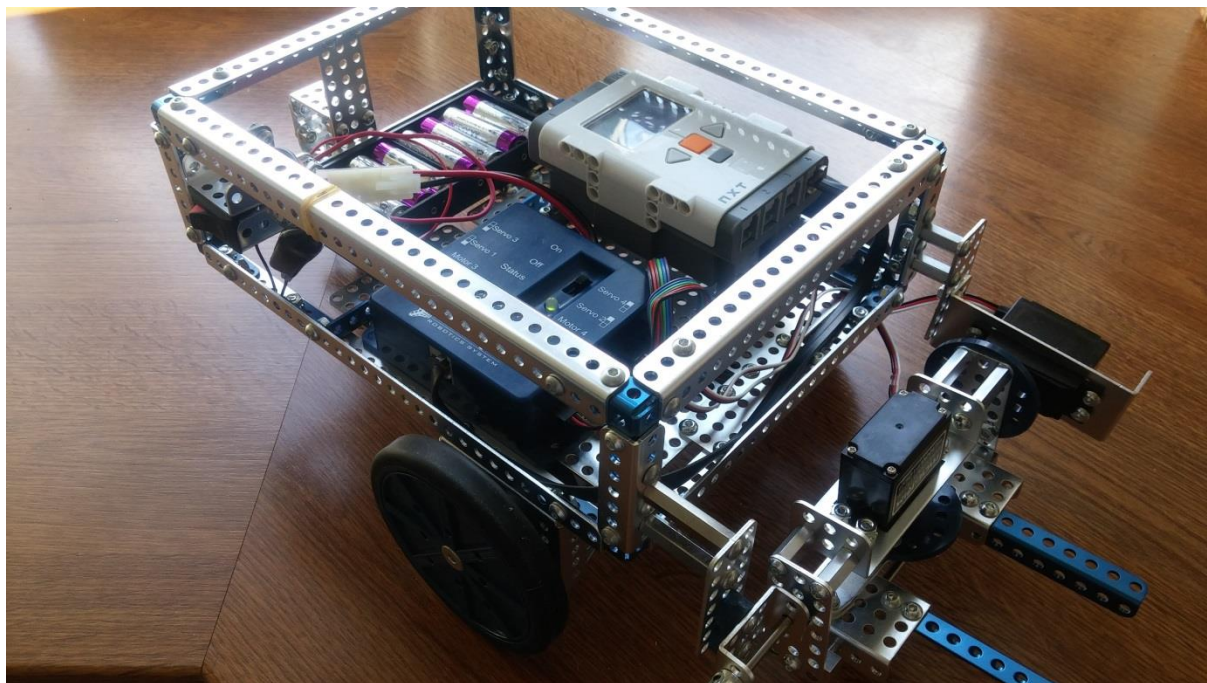
Roboti monteerimise järel hakkasin sellele programmi looma LEGO MINDSTORMS NXT 2.0 graafilises programmeerimiskeskonnas. Autonoomselt ülesannet täitva roboti programmi kirjutamine on üpris tülikas, kui robotis ei kasutata ühtegi andurit. Matrixi komplekt ei sisalda ühtegi andurit ning seetõttu tundub, et LEGO MINDSTORMS NXT juhtploki ja selle andurite kasutamine on funktsionaalse autonoomse roboti saavutamiseks kohustuslik.

2.1.3. Matrix komplekti katsetamise tulemus

Tulemusena valmis robot, mis suudab liikuda ja haaratsiga tõsta esemeid (vt. Joonis 10 ja Joonis 11).



Joonis 10. Matrix roboti eestvaade



Joonis 11. Matrix robot

Robot ei kasuta ühtegi sensorit ja seetõttu on roboti funktsionaalsus piiratud. Roboti demovideos liigub robot objektini (vt. Joonis 12), haarab sellest, tõstab selle üles, viib tagasi alguspunkti ning vabastab selle (vt. Lisa 12).



Joonis 12. Objekt, mida Matrix robot tõstab

Roboti programm ja selle muutujad on konstantsed ning sensorite puudumise tõttu puudub robotil saada informatsiooni ümbritsevast keskkonnast (vt. Lisa 13).

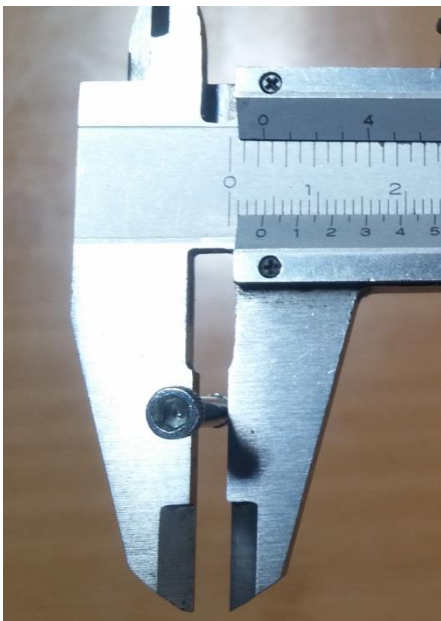
2.2. TETRIX MAX Starter Set ja TETRIX MAX Resource Set

TETRIX komplektide hulgast sain kasutada TETRIX MAX Starter Seti ja TETRIX MAX Resource Seti. Mõlemad komplektid sain Huvikoolist HuviTERA, komplektid olid peaaegu uued, enamus osadest olid avamata pakendis. Kahe komplekti peale kokku oli võimalik mul kasutada 852 TETRIX MAX detaili.

2.2.1. TETRIX MAX R/C Ranger

Juhend, mille järgi hakkasin robotit ehitama, on nii paberkandjal Builder Guide juhendis (lk. 21-56), sellega kaasas oleva CD peal ja ka internetis (vt. Lisa 14). Järgisin roboti ehitamisel CD peal olevaid juhiseid. Liikuva platvormi ehitamine koosneb Lessons peatüki all olevast kolmest õpetusest. Juhend oli arusaadavalt esitatud. Iga sammu juures on loend vajaminevatest osadest, visualiseeritud nende kokkupanek ning nõuanded või sammu kirjeldus lugejale.

Esimene probleem roboti koostamisel tekkis 2. õpetuse 3. sammus, kus on vaja kinnitada 2 poldiga mootorite koost roboti kerega. Vajaminevaid 1,5-tolliseid polte on TETRIX MAX komplektis täpselt 4 tükki. Üks poltidest oli defektne, kuna ei mahtunud läbi 3mm. läbimõõduga august (vt. Joonis 10 ja Joonis 11). Joonistelt on näha, et defektse poldi kerme ja keermestamata osa vahel on 4mm. läbimõõduga osa, mis takistab roboti koostamist. Leitud defekti on võimalik lahendada viiliga, kuid on kasutaja jaoks ootamatu ning seab kahtluse alla komplekti kvaliteedi.



Joonis 13. Defektne polt. Läbimõõt 4mm.



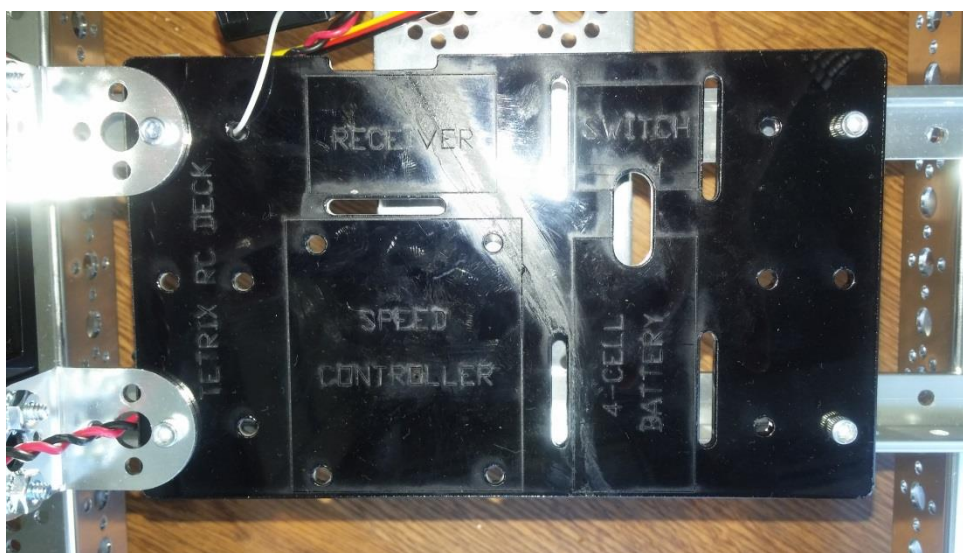
Joonis 14. Defektita polt. Läbimõõt 3mm.

Järgmised kaks probleemi tekkisid roboti koostamisel juhendi järgi 2. õpetuse 8. sammus, kus monteeritakse mootorite kontrolleri kruvisid ja mutreid kasutades plastmassist alusele:

1. Plastmassist alus oli arvatavasti tarnimise käigus purunenud (vt. Joonis 12). Aluse parandamisel kasutasin universaalliimi Moment Super Glue. Liimimise tulemusena on võimalik plaati siiski kasutada (vt. Joonis 13), kuid on üks lisasamm, mida oleks võimalik vältida hoolikama tarnimise ja/või turvalisemalt plaadi pakendamisega.



Joonis 12. Tarnimise käigus plastmassist purunenud monteerimisalus



Joonis 15. Parandatud plastmassist purunenud monteerimisalus

2. Mootorite kontrolleri, mida monteerida, ei kuulu komplekti. Mootorite kontrolleri tuleb eraldi tellida, kuid selline samm võib kasutaja jaoks tulla ootamatuna, kuna „TETRIX 2014-2015

Robotics Catalog“ (vt. Lisa 15) lk. 19 on TETRIX MAX Starter Seti komplekti sisu all kirje: „37095 TETRIX® MAX DC Motor Speed Controller 1”. Lisaks paberkandjal Builders Guide dokumentatsiooni järgi jääb mulje nagu komplekt peaks sisaldama komplekt mootorite kontrollereid. Kuna veomootorite kontrollid puudub, siis pole robot liikumisvõimeline.

2.2.2. TETRIX MAX Arm and Gripper

TETRIX MAX Arm and Gripperi juhend on leitav paberkandjal Builder Guide juhendis (lk. 57-77), sellega kaasas oleva CD pealt ja ka internetist (vt. Lisa 14). CD pealt ja internetist leitavas instruktsioonis leiab juhendi TETRIX MAX Arm ja Gripper jaoks Extensions peatükist.

Arm and Gripperi ehitamine oli juhendi järgi lihtsasti teostatav. Sammud arusaadavalt kujutatud koos vajaminevate juppide ja seletustega. Vaatamata mootorite kontrolleri puudumisele on Arm ja Gripper juhitav, kuna kasutab servomootoreid ning need ühendatakse kaugjuhtimispuldi vastuvõtjaga.

2.2.3. TETRIX komplekti katsetamise tulemus

Tulemusena valmis TETRIX MAX komponentidest koosnev robot, mis pole võimeline liikuma mootorite kontrolleri puudumise tõttu. Robot suudab haarata etteantud objektist, seda tõsta ning vabastada kaugjuhtimise teel kasutades selleks kaht servomootorit (vt. Lisa 16).

2.3. VEX IQ Super Kit

Isiklikult sain käed külge panna Hariduse Infotehnoloogia Sihtasutuse (HITSA) VEX IQ Super Kit-ile, mis sisaldab nii sensoreid kui ka juhtpulti.

2.3.1. Clawbot IQ

Clawbot IQ on VEX IQ komplekti demorobot, mida nimetatakse ka hübriidrobotiks, sest seda on võimalik juhtida puldi abil ning samaaegselt teeb robot otsuseid autonoomselt. Näiteks võib robot kasutada güroskoopi automaatselt roboti pööramiseks kindlasse suunda. Roboti sain kätte kaasasoleva juhendi järgi kokkupanduna. Antud roboti konstrueerimise instruktsioonid leiab kaasasoleva paberkandjal juhendist lehekülgedelt 4-31. Lisaks paberkandjale on juhend leitav ka internetist (vt. Lisa 17). Konstrueerimise sammud on kaasasolevas paberkandjal juhendis arusaadavalt illustreeritud, lisaks leiab iga sammu juurest ka QR koodi ja lingi, mille avamisel kuvatakse vastav samm animatsioonina brauseris. Juhendi järgi roboti konstrueerimine on lugeja jaoks tehtud väga selgesti arusaadavaks. Juhendis on näidatud mootorite ja sensorite ühendamise vastava juhtaju pordiga, mis on vajalik selleks, et vaikimisi juhtajuga kaasasolevad programmid töötaksid.

2.3.2. Roboti juhtploki kasutajaliides



Joonis 16. VEX IQ roboti juhtaju nuppude tähtistused

Roboti sisselülitamiseks vajutada nuppu 3 (vt. Joonis 16).

Robot annab sisselülitusest heliga märku ja ekraanile ilmub loend juhtaju mälus olevatest programmidest, kuvatakse akutase ja signaali tugevus juhtapuldiga, kui viimane neist on sisselülitatud (vt. Joonis 17).



Joonis 17. Loend programmidest. Üleval paremas nurgas akutase ja signaali kvaliteet

Vaikimisi on juhtajuga kaasas 2 programmi:

1. Driver Control
2. Autopilot

Lisaks kaasasolevatele programmidele on võimalik juhtplokki salvestada kuni 4 programmi. Programmi käivitamiseks tuleb navigeerida soovitud programmi kasutades ekraanist vasakul paiknevaid üles (1) ja alla noolklahve (2) ja valida kasutades klahvi 3 (vt. Joonis 16). Isetehtud programmide juhtajju paigaldamiseks tuleb luua ühendus arvuti ja juhtaju vahel USB micro to USB type A kaabliga ning juhtaju peab olema sisselülitatud. Kasutasin VEXi programmeerimiseks selleks mõeldud Modkit graafilist programmeerimistarkvara (vt. Lisa 18).

Kui vajutada programmide loendis klahvi 4, ilmuvad ekraanile juhtaju sätted (vt. Joonis 18):



Joonis 18. Juhtaju sätted

1. System Info - kuvab juhtpuldi ja juhtaju andmed.
2. Device Info - kuvab portidega 1 kuni 12 mootorite või andurite parameetreid.
3. Sound On/Off - lülitab heli sisse või välja.
4. Calibrate Controller - juhtpuldi kalibreerimine juhtajuga, milleks on vaja ühendada need omavahel Tether kaabliga.

Juhul, kui programmi käivitamisel on mõni mootor või sensor ühendatud valesse porti, siis väljastatakse ekraanil vastav teade (vt. Joonis 19).



Joonis 19. Juhtplokk teavitab juhul, kui mootor või sensor valesse porti ühendatud või ühendamata

2.3.3. VEX IQ komplekti katsetamise tulemus

Tulemus on VEX IQ komponentidest koosnev robot Clawbot IQ (vt. Joonis 20), mis liigub kaugjuhtimispuldiga juhtimise teel kuubikuni, haarab sellest kinni ning tõstab selle kuubikute hoidmise jaoks konstruktsioonile (vt. Lisa 19).



Joonis 20. Clawbot IQ, juhtpult, kuubikud, aku ja juhend

3. Platvormide analüüs ja järeldused

3.1. Matrix platvorm

Matrix komplekti tuleks kasutada koos NXT juhtploki ja anduritega. Ilma LEGO komponentideta pole autonoomse roboti koostamine tehtav. Matrix platvorm on paljude võimalustega, kui kasutada koos LEGO juhtploki. Tugev struktuur, vastupidavad detailid ning LEGO juhtplokki ja sensorid võimaldavad teha autonoomse roboti. Kombineerides Matrix kontrolleri NXT juhtploki on võimalik kasutada korraga kuni 4 mootorit, 4 servomootorit, 3 LEGO NXT mootorit ja 3 LEGO NXT andurit. Komplekti tutvustusest väidetud ühilduvus LEGO® MINDSTORMS™ ja LEGO® Technic™ juppidega pole mitte soovitatav, vaid kohustuslik.

Komplekti sisu oli piisavalt rikkalik ning jättis hea mulje. Matrix komplektiga töötamine on meeldiv ning ei tekitanud ebameeldivaid üllatusi välja arvatud defektne aku. Õnneks aku oli asendatav patareidega ning suurt tagasilööki see ei tekitanud.

Matrix komplektide valik on suhteliselt väike ning seetõttu on laienemisvõimalused piiratud. Matrix platvorm tundub olevat pigem loodud laienemisvõimalusena LEGO® MINDSTORMS™ NXT või EV3 platvormile pakkudes paremaid võimalusi võistlustel esindamiseks.

Matrix komplekt sobib neile, kes soovivad lisada rohkem võimalusi juba olemasolevale LEGO® MINDSTORMS™ NXT või EV3 komplektile. Komplekt on sobilik alates 3. kooliastmest (7.-9. klass).

3.2. TETRIX platvorm

TETRIX platvorm oli vaadeldavate komplektide hulgast kõige problemaatilisem. See ei tähenda seda, et tegemist oleks halva platvormiga. TETRIX komplektide valik on lai ning kontrollarina kasutatada mitmeid variante, mis võimaldavad teha nii kaugjuhitavaid kui ka autonoomseid roboteid.

TETRIX MAX Starter Set komplekti sisu oli segadusttekitav. Mootorite kontrolleri pole komplektis ettenähtud, kuigi juhendist võib teistsugune mulje jääda. Sellega tuleb arvestada ning tellida kontrolleri eraldi.

TETRIX platvormi komplektide valik on kõige rikkalikum vaadeltavate platvormide hulgast. Laienemisvõimalused on head, kuna platvorm on ühilduv mitme erineva kontrollritega vastavalt vajadusele.

TETRIX MAX platvorm on kõige keerukam vaadeldavate komplektide hulgast ning soovitatav kogemustega robotikutele. TETRIX MAX on soovitatav kasutamiseks kesk- ja kõrgkoolides. Sobib hästi võitlustel osalemiseks.

3.3. VEX platvorm

VEX platvorm jättis positiivse üldmulje. Platvorm on terviklik, taskukohase hinnaga ning juhtploki programmeerimine lihtne. Modkit programmeerimistarkvara kasutajaliides sarnaneb Scratchiga ning sobib seetõttu noortele robotika ja programmeerimise algteadmiste omandamiseks. Scratch on tasuta visuaalne programmeerimistarkvara, millega tihtipeale alustatakse programmeerimise õpetamist põhi- või keskkoolis. Üleminek Scratchilt Modkit keskkonda ei tohiks probleeme valmistada sarnase intuitiivse kasutajaliidese tõttu ning sobib seega esmase robotikaalase kogemuse saamiseks.

VEX IQ komplekt on võrreldav populaarsete LEGO MINDSTORMS NXT ja EV3 komplektidega. Mõlemad pakuvad sarnast funktsionaalsust autonoomsete robotite kujul.

VEX IQ eelised on:

- Soodsam hind. VEX IQ Starter Set with Sensors maksab 249,99\$. EV3 Core Seti hind 339,95\$
- Rohkem I/O porte. VEX IQ juhtajuga on võimalik ühendada kuni 12 sensorit ja/või mootorit. EV3 juhtajul on 4 porti mootorite ja 4 porti sensorite jaoks.

VEX IQ komplekt jättis kõige terviklikuma mulje, kuna VEX IQ Super Kit sisaldab nii juhtploki, andureid, mootoreid, kaugjuhtimispuhti ja muid roboti ehitamiseks vajalikke osi. Komplektist ei olnud midagi puudu, kõik vajalik on olemas.

Üleminek VEX IQ komplektilt VEX EDR komplektile tekitab uusi võimalusi ning komplektide jupid on omavahel ühilduvad. VEX EDR võimaldab edasijõudnutel ehitada tugevama metallist konstruktsiooniga, võimsamate mootoritega ja rohkemate võimalustega roboteid kui VEX IQ.

VEX platvormi programmeerides ei pea piirduma lihtsa Modkit programmeerimiskeskonnaga. Programmeerides VEX platvormi RobotC või easyC programmeerimiskeskonna kaudu on võimalik arendada C programmeerimiskeele alaseid teadmiseid.

VEX platvorm sobib nii noortele kui ka edasijõudnutele. VEX IQ sarnaneb LEGO® MINDSTORMS™ NXT ja EV3 platvormiga. Arvan, et VEX IQ on sobilik tootja poolt määratud sihtrühmale, milleks on põhikooli õpilased. VEX EDR komplekti kahjuks polnud võimalik katsetada. Arvan, et VEX IQ pealt on võimalik üle minna VEX EDR peale, mis sobib edasijõutnutele.

4. Kokkuvõte

Arvestades vaadeldavate platvormide lubadusi ning praktilisest kogemusest lähtuvalt, võib öelda, et robootika platvormide hulgast on VEX IQ kõige sobivam. VEX IQ komplekt on tervik, mis ei vaja lisakulutusi. Vaadeldava komplekti puhul ei esinenud märkimisväärsed probleeme ning komplekti on väga hea hinnaga. VEX IQ pakub konkurentsi populaarsetele LEGO MINDSTORMS NXT ja EV3 komplektidele ning kohati tundub, et VEX IQ isegi edestab neid. VEX IQ soodsam hind ja võimalus ühendada samaaegselt rohkem andureid või mootoreid, annavad komplekti NXT ja EV3 ees eelise. Soodsam hind võimaldab komplektil jõuda rohkematesse koolidesse ja huviringidesse ning eesti keelsete õppematerjalide väljatöötamine VEX IQ komplektile võimaldaks komplekti kasutuselevõttu veelgi. VEX IQ komplekti pealt on võimalik edasijõudnutel edasi liikuda VEX EDR ja VEX PRO komplektidele.

Matrix ja TETRIX komplektid jäävad VEX IQ komplektile alla, kuna nõuavad lisakulutusi. Matrix ja TETRIX komplektide hinnad on piisavalt kõrged ilma lisakulutusteta.

Lõputöö koostamise ajal õnnestus mul katsetada ka Meccanoid G15KS humanoidrobotit (vt. Lisa 20). G15KS on umbes 120 cm kõrgune robot, mis on ideaalne robootika populariseerimiseks. Robot

suudab liikuda, järgida häälkäsklusi, liigutada käsi ja rääkida. Lisaks on Meccanoid juhitav näiteks telefoniga Bluetooth liidese kaudu. Hetkel puuduvad Meccanoidile vajalikud programmeerimis- ja arendusvahendid, kuid vaikimisi robotisse paigaldatud tarkvara suudab tekitada lastes huvi robotika vastu. Meccano toodab ka robotit Meccanoid G15, mis on umbes 60 cm pikk. Meccanoid G15 on väiksem ja soodsama hinnaga, kuid omab vähem funktsionaalsust.

5. VIITED

1. Matrix Robotics, „About Matrix Robotics“,
<http://matrixrobotics.com/2012/04/26/matrix4ftc/>
2. Modern Robotics, Matrix Building System Kits,
<http://www.modernroboticsinc.com/complete-kits>
3. Wikipedia, „Tetrix Robotics Kit“, https://en.wikipedia.org/wiki/Tetrix_Robotics_Kit
4. Studica, „Choosing a TETRIX® Robotics Building System“,
<http://www.studica.com/uk/en/Tetrix-Prime-Max-Robotics.html?grid=1>
5. Studica, „Choosing a TETRIX® Robotics Building System“,
http://www.tetrixrobotics.com/choose_a_system

6. LISAD

1 - Matrix kontrolleri andmeleht:

<http://matrixrobotics.com/wp-content/uploads/2014/10/MATRIX-Controller-Specification-v1.2.pdf>

2 - Matrixi 9V mootori andmeleht:

http://matrixrobotics.com/wp-content/uploads/2013/07/MATRIX_Motor_Spec_v2.pdf

3 - Matrixi 12V mootori andmeleht:

http://modernroboticsinc.com/Content/Images/uploaded/Specifications/MATRIX_12v_Motor_Specification.pdf

4 - Matrixi 9V kõrge pöörmomendiga mootori andmeleht:

http://matrixrobotics.com/wp-content/uploads/2013/07/MATRIX_HTMotor_Spec_v2.pdf

5 - Matrixi servomootori andmeleht:

http://matrixrobotics.com/wp-content/uploads/2013/07/MATRIX_Servo_Spec.pdf

6 - NXTServo-v3 andmeleht:

http://www.mindsensors.com/index.php?controller=attachment&id_attachment=110

7 - HiTehnic kontrolleri andmeleht:

<http://www.hitechnic.com/blog/wp-content/uploads/HiTechnic-Motor-Controller-Specification.pdf>

8 - TETRIX mootori andmeleht:

http://www.cougarrobot.com/attachments/328_Tetrix_DC_Motor_V2.pdf

9 – Matrix Quick Start Rover juhend:

<http://matrixrobotics.com/portfolio-items/quick-start-rover/>

10 – Matrix The Little Gripper juhend:

<http://matrixrobotics.com/portfolio-items/the-little-gripper/>

11 – Matrix NXT-G Blocks v1.0:

http://matrixrobotics.com/wp-content/uploads/2012/04/MatrixBlocks_v1.zip

12 – Matrix demoroboti video:

https://github.com/tennex/Matrix_TETRIX_VEX/blob/master/MatrixTest2.mp4?raw=true

13 – Matrix demoroboti programm:

https://github.com/tennex/Matrix_TETRIX_VEX/blob/master/MatrixTest2.rbt?raw=true

14 – TETRIX MAX demoroboti juhend:

<http://www.tetrixrobotics.com/rcbuildersguide/lessons.htm>

15 – TETRIX Robotics Catalog 2014-2015:

https://c10645061.ssl.cf2.rackcdn.com/pdf/catalog/2014_roboticscatalog.pdf

16 – TETRIX MAX demoroboti video:

https://github.com/tennex/Matrix_TETRIX_VEX/blob/master/TETRIX_MAX_haaramine_puldiga.mp4?raw=true

17 - VEX IQ Build Instructions:

<http://www.vexrobotics.com/vexiq/animated-build/clawbot-iq#1>

18 – ModKit tarkvara:

<http://www.modkit.com/link>

19 – VEX IQ Clawbot video:

https://github.com/tennex/Matrix_TETRIX_VEX/blob/master/VEX_IQ.mp4?raw=true

20 – Meccanoid G15KS video:

https://github.com/tennex/Matrix_TETRIX_VEX/blob/master/Meccanoid1.mp4?raw=true

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Sander Orav,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „MATRIX, TETRIX ja VEX robootikaplatvormid“, mille juhendajateks on Alo Peets, Anne Villems ja Taavi Duvin,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 24.05.2015